

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

?s an=9-220894
S1 1 AN=9-220894
?t s1/5/1

1/5/1
DIALOG(R) File 347:JAPIO
(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06110703 **Image available**
ZOOM LENS

PUB. NO.: 11-052235 [JP 11052235 A]
PUBLISHED: February 26, 1999 (19990226)
INVENTOR(s): TAKAYAMA HIDEKI
APPLICANT(s): CANON INC
APPL. NO.: 09-220894 [JP 97220894]
FILED: July 31, 1997 (19970731)
INTL CLASS: G02B-015/16; G02B-005/18; G02B-013/18

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a compact zoom lens having a low cost and maintaining excellent performance over a whole zooming region and all object distances.

SOLUTION: A first lens group I and a second lens group II are arranged from an object side, the first lens group I is composed of two lenses L1, L2 of negative and positive lenses so that a refractive power has a negative refractive power as a whole. Moreover, the second lens group II is composed of two lenses L3, L4 of positive and negative lenses so that a composite refractive power has a positive refractive power. The lens surface on the object side of the lens L3 of the second lens group II has a diffraction optical surface so that a chromatic aberration is canceled by the first lens group I and the second lens group II. Aspherical surfaces are further formed on the lenses L1, L3 and L4.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-52235

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 2 B 15/16

G 0 2 B 15/16

5/18

5/18

13/18

13/18

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-220894

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月31日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 高山 英美

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

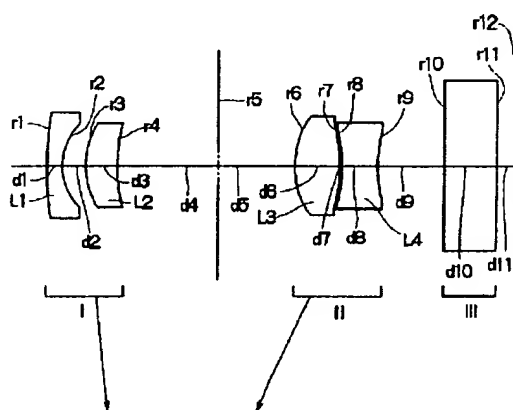
(74) 代理人 弁理士 日比谷 征彦

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 コンパクトでかつ低コストであって、しかも全ズーム域、全物体距離に渡って良好な性能を維持したズームレンズを得る。

【解決手段】 物体側から第1レンズ群I、第2レンズ群IIが配列され、第1レンズ群Iは負正の2枚のレンズL1、L2で構成され、全体として屈折力は負の屈折力を持つようにされている。また、第2レンズ群IIは正負の2枚のレンズL3、L4で構成され、合成屈折力は正の屈折力を有するようにされている。第2レンズ群IIのレンズL3の物体側レンズ面に回折光学面を有し、第1レンズ群Iと第2レンズ群IIで色収差を相殺するようにされている。更に、レンズL1、L3、L4に非球面が形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から第1レンズ群と第2レンズ群を配置し、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔を変化させることによって焦点距離を変化させるズームレンズにおいて、前記第1レンズ群又は第2レンズ群は少なくとも1面に回折光学面を有することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 前記第1レンズ群は負の屈折力を有し、前記第2レンズ群は正の屈折力を有する請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】 前記第1レンズ群及び第2レンズ群は各2枚のレンズにより構成した請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項4】 前記第1レンズ群又は第2レンズ群に少なくとも1面の非球面を設けた請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項5】 前記回折光学面は基板ガラス上に2つの回折格子を積層して形成した積層型回折格子とした請求項1に記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば電子スチルカメラ、ビデオカメラ、写真用カメラに使用され、回折光学素子を使用したコンパクトなズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、電子スチルカメラ、ビデオカメラ、写真用カメラ等の小型軽量化に伴い、撮像用ズームレンズの小型軽量化及びコストダウンが強く要望されている。また、近年では変倍機能を備えたズームレンズの要求は益々強くなり、変倍機能の重要性が増している。

【0003】一方、高画質への要求により撮像素子の高精細化が進み、レンズの性能への要求も厳しくなっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、レンズ系をコンパクト化するには、各レンズ群の屈折力を強くする必要があり、性能を維持するためにはレンズの枚数を増加させる方向であるため、低コスト化には逆行するものであると云える。

【0005】また、収差補正を非球面を用いて行うことが有効であることが知られているが、この非球面を用いることにより球面収差や像面湾曲、コマ収差等の収差の補正には効果があるが、色収差の補正は難しい。特に、レンズの枚数の少ない2群ズームにおいて、色収差を良好に補正しようとしてもレンズの枚数が少ないため、硝材の組み合わせには限界があり、更に2次スペクトルを取り除くことは不可能である。つまり、全長を更に短縮して性能を維持しようすると、従来の方法では不十分である。

【0006】また、色収差を小さく押さえる方法としては、近年では回折光学素子を撮像光学系に応用した提案がなされている。また、これをズームレンズに応用したものとしては、4群ズームレンズに回折光学素子を用いて高変倍ズームを狙ったものなどがある。しかしながら、何れもレンズ枚数の多い多群ズームに関する提案であり、より低価格でコンパクトな2群ズームに応用したものはなく、使用方法及び効果については全く不明である。

【0007】本発明の目的は、上述の問題点を解消し、コンパクトでかつ低コストであって、しかも全ズーム域、全物体距離に渡って良好な性能を維持したズームレンズを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明に係るズームレンズは、物体側から第1レンズ群と第2レンズ群を配置し、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔を変化させることによって焦点距離を変化させるズームレンズにおいて、前記第1レンズ群又は第2レンズ群は少なくとも1面に回折光学面を有することを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明を図示の実施例に基づいて詳細に説明する。図1は具体的な2群ズームレンズの実施例1の広角状態のレンズ断面図を示し、物体側から第1レンズ群I、第2レンズ群II、光学フィルタ、フェーズプレート等の平板ガラスIIIが配列され、第1レンズ群Iは正の2枚のレンズL1、L2で構成され、全体としての屈折力は負の屈折力を持つようにされている。また、第2レンズ群IIは正負の2枚のレンズL3、L4で構成され、合成屈折力は正の屈折力を有するようにされている。そして、広角端から望遠端に移行する際に、第1、第2レンズ群I、IIはそれぞれ矢印に示すように移動する。第2レンズ群IIのレンズL3の物体側レンズ面に回折光学面を有し、第1レンズ群Iと第2レンズ群IIで色収差を相殺するようにされている。

【0010】更に、レンズL1の像面側レンズ面、レンズL3の物体側レンズ面、レンズL4の像面側レンズ面に非球面が形成されている。

【0011】2群ズームレンズに回折光学素子を使用した場合に、最も効率的に回折光学素子の利点を生かせるのは、実施例のように第2レンズ群IIの最初の面に使用した場合である。このとき、軸上色については第2レンズ群IIの中で殆ど色消しを行うことができる。特に、焦点距離の長い望遠側においては特に有効に色消しを行うことができる。

【0012】また、倍率の色については回折光学素子を取り入れることにより、ほぼ完全に取り除くことができるが、特に画角の大きくなる広角側においては、第2レンズ群IIのガラスレンズで発生する色収差を回折光学素

子で逆方向に過補正にしておいて、前群と併せて相殺することにより全体的な色収差を小さく抑えている。

【0013】また、回折光学素子のピッチを変更することにより、非球面の効果を持たせることができるが、回折光学面の位相の高次項を最適化することにより、広角側のコマ収差及び球面収差についても補正効果を持たせることができ、良好な性能を得ることができる。

【0014】本実施例のような構成とすることにより、球面収差、コマ収差、像面湾曲等の収差を良好に補正すると同時に、軸上色収差及び倍率の色収差を良好に補正できる。特に、変倍時の問題となる色収差の変動を少なく抑え、最小のレンズ枚数で光学系を構成することができ、コンパクトで低コストな高性能ズームレンズの供給が可能となる。

【0015】回折光学素子は次式の回折の法則によって、屈折反射させる光学素子である。ただし、 n は入射

$$\Phi(h) = (2\pi/\lambda) \cdot (C_1 h + C_2 h^2 + C_3 h^3 + C_4 h^4 + \dots) \dots(1)$$

【0020】ただし、 $\Phi(h)$ は位相を表しており、 h はレンズ光軸から径方向の距離、 λ は基準波長であり、回折光学面はレンズの基準面に位相を付加することにより表される。

【0021】また、本実施例の非球面については回転対

$$Z(h) = (h^2/r) / [1 + \{1 + (1+k)(h/r)^2\}^{1/2}] + B h^4 + C h^6 + D h^8 + E h^{10} + \dots \dots(2)$$

【0023】図2～図5は広角状態における実施例2～5の構成図である。図2～図4に示す実施例2～4においては、レンズL1の像面側レンズ面及びレンズL3の物体側レンズ面が回折光学面とされており、非球面が設けられているレンズ面は実施例1と同様である。

【0024】図5に示す実施例5においては、レンズL1の像面側レンズ面が回折光学面とされており、非球面が設けられているレンズ面については実施例1～4と同様である。

数値実施例1

| | | | |
|--|------------------|----------------|---------------|
| $f = 3.75095 \sim 10.99$ $fno = 1:2.85 \sim 5.66$ $2\omega = 66.3^\circ \sim 25.2^\circ$ | | | |
| $r1 = 21.087$ | $d1 = 0.81$ | $n1 = 1.77250$ | $\nu1 = 49.6$ |
| $r2 = 2.828$ | $d2 = 1.76$ | | |
| $r3 = 5.459$ | $d3 = 1.81$ | $n2 = 1.80518$ | $\nu2 = 25.4$ |
| $r4 = 9.662$ | $d4 = \text{可変}$ | | |
| $r5 = 0.000$ (絞り) | $d5 = \text{可変}$ | | |
| $r6 = 4.225$ | $d6 = 2.88$ | $n3 = 1.67790$ | $\nu3 = 55.3$ |
| $r7 = -8.330$ | $d7 = 0.12$ | | |
| $r8 = -8.807$ | $d8 = 2.20$ | $n4 = 1.80518$ | $\nu4 = 25.4$ |
| $r9 = 34.023$ | $d9 = \text{可変}$ | | |
| $r10 = 0.000$ | $d10 = 3.10$ | $n5 = 1.51633$ | $\nu5 = 64.2$ |
| $r11 = 0.000$ | $d11 = 1.22$ | | |
| $r12 = 0.000$ | | | |

【0028】

焦点距離

3.75 3.88 10.99

側媒質、 n' は出射側媒質の屈折率、 θ は光線入射角、 θ' は光線出射角、 λ は波長、 d は格子間隔である。

$$[0016] \quad n \sin \theta - n' \sin \theta' = m \lambda / d$$

【0017】屈折光学素子である通常のガラスが、 $\nu = (n-1)/\Delta n$ で表される分散を持つものに対して、回折光学素子は $\nu = \lambda/\Delta \lambda$ の分散を持つ。また、通常のガラスのアッペ数が約20～95であるのに対して、回折光学素子のアッペ数は $\nu = -3.453$ の一定値である。つまり、通常のガラスが正のアッペ数を持つものに対して、回折光学素子は負のアッペ数を持つことになる。また、部分分散比についても通常のガラスとはかけ離れた値を持つ。このような回折光学素子の特性を利用することによって、色補正を効率的に行うことができる。

【0018】そして、回折光学素子の面は次の位相方程式で表すことができる。

$$[0019]$$

称の非球面であり、基準曲率半径を r 、レンズ光軸からの径方向の距離を h としたとき、光軸方向の座標 $Z(h)$ は以下の式で表される。

$$[0022]$$

【0025】次に実施例1～5の数値実施例を示し、 r_i は物体側から順に第 i 番目のレンズ曲率半径、 d_i は第 i 番目のレンズ厚又は空気間隔、 n_i と ν_i はそれぞれ第 i 番目のレンズの屈折率とアッペ数である。

【0026】なお、非球面については(1)式の係数を表記している。また、回折光学面を表す位相方程式は、(2)式の位相係数を表記し、このときの回折次数は1次であり、波長は d 線である。

$$[0027]$$

| | | | |
|----|------|------|-------|
| d4 | 5.87 | 5.28 | 1.00 |
| d5 | 4.40 | 4.58 | 1.00 |
| d9 | 3.82 | 3.95 | 10.98 |

【0029】

非球面係数

| | | | |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 2面 q | r= 2.82839·10 ⁰ | k=-1.59475·10 ⁻¹ | B=-2.14175·10 ⁻³ |
| | C=-2.76791·10 ⁻⁴ | D= 1.51140·10 ⁻⁵ | E=-5.24174·10 ⁻⁶ |
| 6面 bq | r= 4.22466·10 ⁰ | k=-2.42500·10 ⁻¹ | B=-2.73790·10 ⁻⁵ |
| | C= 3.88250·10 ⁻⁵ | D=-2.91830·10 ⁻⁶ | E= 0.00000·10 ⁰ |
| 9面 q | r= 3.40225·10 ⁻¹ | k= 8.17051·10 ⁰ | B= 4.16531·10 ⁻³ |
| | C= 4.46491·10 ⁻⁴ | D=-2.84128·10 ⁻⁵ | E= 9.74972·10 ⁻⁶ |

【0030】

位相係数

6面

| | | | |
|--|---|--|---|
| C ₁ =0.00000·10 ⁰ | C ₂ =-1.32450·10 ⁻³ | C ₃ =0.00000·10 ⁰ | C ₄ =-5.48090·10 ⁻⁵ |
| C ₅ =0.00000·10 ⁰ | C ₆ =4.38270·10 ⁻⁵ | C ₇ =0.00000·10 ⁰ | C ₈ =-5.69600·10 ⁻⁶ |
| C ₉ =0.00000·10 ⁰ | C ₁₀ =2.99310·10 ⁻⁷ | C ₁₁ =0.00000·10 ⁰ | C ₁₂ = 0.00000·10 ⁰ |
| C ₁₃ =0.00000·10 ⁰ | C ₁₄ =0.00000·10 ⁰ | | |

【0031】

数值实施例2

f= 3.75096~10.99 fno=1:2.85 ~5.65 2ω= 66.3° ~25.2°

| | | | |
|----------------|----------|------------|---------|
| r1= 21.132 | d1= 0.81 | n1=1.77250 | ν1=49.6 |
| r2= 2.811 | d2= 1.71 | | |
| r3= 5.419 | d3= 1.80 | n2=1.80518 | ν2=25.4 |
| r4= 9.713 | d4=可変 | | |
| r5= 0.000 (絞り) | d5=可変 | | |
| r6= 4.227 | d6= 2.93 | n3=1.67790 | ν3=55.3 |
| r7= -8.320 | d7= 0.11 | | |
| r8= -8.686 | d8= 2.19 | n4=1.80518 | ν4=25.4 |
| r9= 37.319 | d9=可変 | | |
| r10= 0.000 | d10=3.10 | n5=1.51633 | ν5=64.2 |
| r11= 0.000 | d11=1.23 | | |
| r12= 0.000 | | | |

【0032】

焦点距離

| | | | |
|----|------|------|-------|
| | 3.75 | 3.97 | 10.99 |
| d4 | 5.83 | 5.11 | 1.00 |
| d5 | 4.49 | 4.52 | 1.00 |
| d9 | 3.79 | 4.00 | 10.91 |

【0033】

非球面係数

| | | | |
|-------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 2面 bq | r=2.81147·10 ⁰ | k=-6.47770·10 ⁻³ | B=-4.18270·10 ⁻³ |
| | C=2.67460·10 ⁻⁴ | D=-1.28850·10 ⁻⁴ | E=0.00000·10 ⁰ |
| 6面 bq | r=4.22466·10 ⁰ | k=-2.37130·10 ⁻¹ | B=-3.12470·10 ⁻⁵ |
| | C=3.99250·10 ⁻⁵ | D=-2.57630·10 ⁻⁶ | E=0.00000·10 ⁰ |
| 9面 q | r=3.73194·10 ⁻¹ | k=-1.51757·10 ⁻¹ | B=4.14203·10 ⁻³ |
| | C=4.80770·10 ⁻⁴ | D=-4.04006·10 ⁻⁵ | E=1.12205·10 ⁻⁵ |

【0034】

位相係数

2面

$$\begin{aligned}
C_1 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_2 &= -5.45840 \cdot 10^{-4} & C_3 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_4 &= 9.41210 \cdot 10^{-4} \\
C_5 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_6 &= -5.90030 \cdot 10^{-4} & C_7 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_8 &= 1.40270 \cdot 10^{-4} \\
C_9 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{10} &= -1.09070 \cdot 10^{-5} & C_{11} &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{12} &= 0.00000 \cdot 10^0 \\
C_{13} &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{14} &= 0.00000 \cdot 10^0
\end{aligned}$$

6面

$$\begin{aligned}
C_1 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_2 &= -1.32220 \cdot 10^{-3} & C_3 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_4 &= -5.11230 \cdot 10^{-5} \\
C_5 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_6 &= 4.00700 \cdot 10^{-5} & C_7 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_8 &= -4.99700 \cdot 10^{-6} \\
C_9 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{10} &= 2.64420 \cdot 10^{-7} & C_{11} &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{12} &= 0.00000 \cdot 10^0 \\
C_{13} &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{14} &= 0.00000 \cdot 10^0
\end{aligned}$$

【0035】

数值实施例3

$$\begin{aligned}
f &= 3.75087 \sim 10.99 & fno &= 1.2.85 \sim 5.65 & 2\omega &= 66.3^\circ \sim 25.1^\circ \\
r1 &= 25.926 & d1 &= 0.81 & n1 &= 1.80100 & \nu &= 35.0 \\
r2 &= 2.711 & d2 &= 1.29 \\
r3 &= 5.176 & d3 &= 1.91 & n2 &= 1.84666 & \nu &= 23.8 \\
r4 &= 11.618 & d4 &= \text{可変} \\
r5 &= 0.000 \text{ (絞リ)} & d5 &= \text{可変} \\
r6 &= 3.679 & d6 &= 2.34 & n3 &= 1.72000 & \nu &= 50.3 \\
r7 &= -11.286 & d7 &= 0.10 \\
r8 &= -30.000 & d8 &= 1.44 & n4 &= 1.84666 & \nu &= 23.8 \\
r9 &= 6.991 & d9 &= \text{可変} \\
r10 &= 0.000 & d10 &= 3.10 & n5 &= 1.51633 & \nu &= 64.2 \\
r11 &= 0.000 & d11 &= 0.13 \\
r12 &= 0.000
\end{aligned}$$

【0036】

焦点距離

| | 3.75 | 5.49 | 10.99 |
|----|------|------|-------|
| d4 | 7.64 | 4.78 | 1.00 |
| d5 | 1.77 | 1.07 | 1.00 |
| d9 | 4.46 | 6.03 | 11.07 |

【0037】

非球面係数

$$\begin{aligned}
\text{2面 } b_q & \quad r=2.71055 \cdot 10^0 & k &= -4.93830 \cdot 10^{-1} & B &= -6.60180 \cdot 10^{-4} \\
& \quad C=-1.07380 \cdot 10^{-4} & D &= -2.89890 \cdot 10^{-5} & E &= 0.00000 \cdot 10^{-9} \\
\text{6面 } b_q & \quad r=3.67860 \cdot 10^0 & k &= -3.40360 \cdot 10^{-2} & B &= -2.42480 \cdot 10^{-4} \\
& \quad C=-1.56120 \cdot 10^{-4} & D &= 6.57520 \cdot 10^{-6} & E &= 0.00000 \cdot 10^0 \\
\text{9面 } q & \quad r=6.99105 \cdot 10^0 & k &= -7.30229 \cdot 10^0 & B &= 1.06598 \cdot 10^{-2} \\
& \quad C=8.81474 \cdot 10^{-4} & D &= 9.58382 \cdot 10^{-6} & E &= 3.62469 \cdot 10^{-5}
\end{aligned}$$

【0038】

位相係数

$$\begin{aligned}
\text{2面} \\
C_1 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_2 &= 1.48350 \cdot 10^{-3} & C_3 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_4 &= -2.10080 \cdot 10^{-5} \\
C_5 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_6 &= 1.07140 \cdot 10^{-4} & C_7 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_8 &= -1.37710 \cdot 10^{-5} \\
C_9 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{10} &= 3.44510 \cdot 10^{-7} & C_{11} &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{12} &= 0.00000 \cdot 10^0 \\
C_{13} &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{14} &= 0.00000 \cdot 10^0 \\
\text{6面} \\
C_1 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_2 &= -1.68270 \cdot 10^{-3} & C_3 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_4 &= 2.14430 \cdot 10^{-4} \\
C_5 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_6 &= -1.28080 \cdot 10^{-4} & C_7 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_8 &= 2.64920 \cdot 10^{-5} \\
C_9 &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{10} &= -1.66460 \cdot 10^{-6} & C_{11} &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{12} &= 0.00000 \cdot 10^0 \\
C_{13} &= 0.00000 \cdot 10^0 & C_{14} &= 0.00000 \cdot 10^0
\end{aligned}$$

【0039】

数值实施例4

f= 3.75085~10.99 fno=1:2.85 ~5.66° 2 ω = 66.3° ~ 25.18°r1= 29.871 d1= 0.90 n1=1.78590 ν 1=44.2

r2= 3.216 d2= 1.90

r3= 6.466 d3= 1.86 n2=1.76182 ν 2=26.5

r4= 14.947 d4=可変

r5= 0.000 (絞り) d5=可変

r6= 4.385 d6= 2.91 n3=1.71300 ν 3=53.8

r7=-15.726 d7= 0.12

r8=-16.991 d8= 2.11 n4=1.84666 ν 4=23.8

r9= 14.858 d9=可変

r10= 0.000 d10=3.10 n5=1.51633 ν 5=64.2

r11= 0.000 d11=3.02

r12= 0.000

【0040】

焦点距離

| | 3.75 | 5.75 | 10.99 |
|----|------|------|-------|
| d4 | 7.83 | 3.12 | 1.00 |
| d5 | 5.31 | 4.49 | 1.65 |
| d9 | 2.24 | 4.09 | 9.00 |

【0041】

非球面係数

| | | | |
|-------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 2面 bq | r=3.21613 $\cdot 10^0$ | k=-1.06050 $\cdot 10^0$ | B=1.29110 $\cdot 10^{-3}$ |
| | C=1.30560 $\cdot 10^{-4}$ | D=-1.16840 $\cdot 10^{-5}$ | E=0.00000 $\cdot 10^0$ |
| 6面 bq | r=4.38486 $\cdot 10^0$ | k=-5.12940 $\cdot 10^{-4}$ | B=1.42920 $\cdot 10^{-4}$ |
| | C=1.68860 $\cdot 10^{-5}$ | D=-2.06550 $\cdot 10^{-5}$ | E=0.00000 $\cdot 10^0$ |
| 9面 q | r=1.48584 $\cdot 10^{+1}$ | k=-7.30229 $\cdot 10^0$ | B=4.75557 $\cdot 10^{-3}$ |
| | C=-2.28683 $\cdot 10^{-5}$ | D=-2.28683 $\cdot 10^{-5}$ | E=1.31093 $\cdot 10^{-5}$ |

【0042】

位相係数

2面

| | | | |
|---------------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| C ₁ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₂ =5.38670 $\cdot 10^{-4}$ | C ₃ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₄ =3.02180 $\cdot 10^{-4}$ |
| C ₅ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₆ =-7.74490 $\cdot 10^{-5}$ | C ₇ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₈ =7.76268 $\cdot 10^{-5}$ |
| C ₉ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₁₀ =2.86200 $\cdot 10^{-8}$ | C ₁₁ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₁₂ =0.00000 $\cdot 10^0$ |
| C ₁₃ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₁₄ =0.00000 $\cdot 10^0$ | | |

6面

| | | | |
|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| C ₁ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₂ =-1.23700 $\cdot 10^{-3}$ | C ₃ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₄ =-3.27010 $\cdot 10^{-5}$ |
| C ₅ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₆ =3.18390 $\cdot 10^{-5}$ | C ₇ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₈ =-3.84740 $\cdot 10^{-5}$ |
| C ₉ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₁₀ =1.78230 $\cdot 10^{-7}$ | C ₁₁ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₁₂ =0.00000 $\cdot 10^0$ |
| C ₁₃ =0.00000 $\cdot 10^0$ | C ₁₄ =0.00000 $\cdot 10^0$ | | |

【0043】

数值实施例5

f= 3.75096~ fno=1:2.85 ~5.67 2 ω = 66.3° ~25.29°r1= 67.347 d1= 0.81 n1=1.76200 ν 1=40.1

r2= 3.564 d2= 1.86

r3= 7.114 d3= 1.46 n2=1.84666 ν 2=23.8

r4= 16.975 d4=可変

r5= 0.000 (絞り) d5=可変

r6= 3.947 d6= 2.67 n3=1.73400 ν 3=51.5

| | | | |
|------------|----------|------------|--------------|
| r7= -6.098 | d7= 0.10 | | |
| r8= -7.045 | d8= 2.60 | n4=1.84666 | ν 4=23.8 |
| r9= 11.231 | d9=可変 | | |
| r10= 0.000 | d10=3.10 | n5=1.51633 | ν 5=64.2 |
| r11= 0.000 | d11= 可変 | | |
| r12= 0.000 | | | |

【0044】

| | 焦点距離 | | |
|-----|------|------|-------|
| | 3.75 | 6.45 | 10.95 |
| d4 | 7.85 | 3.94 | 0.16 |
| d5 | 2.69 | 0.07 | 0.10 |
| d9 | 1.29 | 3.13 | 6.23 |
| d11 | 1.88 | 1.88 | 1.88 |

【0045】

非球面係数

| | | | |
|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 2面 bq | r=3.56368 $\cdot 10^0$ | k=-1.09130 $\cdot 10^0$ | B=1.00420 $\cdot 10^{-3}$ |
| | C=3.20070 $\cdot 10^{-5}$ | D=-1.48110 $\cdot 10^{-5}$ | E=0.00000 $\cdot 10^0$ |
| 6面 q | r=3.94652 $\cdot 10^0$ | k=-1.85220 $\cdot 10^{-1}$ | B=-6.48580 $\cdot 10^{-4}$ |
| | C=-1.74870 $\cdot 10^{-5}$ | D=-1.25600 $\cdot 10^{-5}$ | E=0.00000 $\cdot 10^0$ |
| 9面 q | r=1.12315 $\cdot 10^{-1}$ | k=-7.30229 $\cdot 10^0$ | B=7.57468 $\cdot 10^{-3}$ |
| | C=7.85907 $\cdot 10^{-4}$ | D=-4.38603 $\cdot 10^{-6}$ | E=4.77683 $\cdot 10^{-6}$ |

【0046】

位相係数

2面

| | | | |
|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| $C_1=0.00000\cdot 10^0$ | $C_2=-1.64750\cdot 10^{-4}$ | $C_3=0.00000\cdot 10^0$ | $C_4=1.45960\cdot 10^{-4}$ |
| $C_5=0.00000\cdot 10^0$ | $C_6=1.83520\cdot 10^{-5}$ | $C_7=0.00000\cdot 10^0$ | $C_8=-4.95320\cdot 10^{-6}$ |
| $C_9=0.00000\cdot 10^0$ | $C_{10}=3.38260\cdot 10^{-7}$ | $C_{11}=0.00000\cdot 10^0$ | $C_{12}=0.00000\cdot 10^0$ |
| $C_{13}=0.00000\cdot 10^0$ | $C_{14}=0.00000\cdot 10^0$ | | |

【0047】図6～図15は各数値実施例1～5について、広角状態と望遠状態の収差図を示している。何れも、各収差を良好に補正していることが分かる。

【0048】回折光学素子はホログラフィック光学素子の製作手法で製作するのが一般的であるが、リソグラフィック手法で2値的に製作した光学素子であるバイナリオプティクスで製作してもよい。また、これらの方法で作成した型によって成型によって製造してもよい。更に、光学面にプラスチック等の膜を回折光学面として添付する方法、所謂レプリカ非球面により作成することもできる。

【0049】前述の実施例における回折光学素子の回折格子形状は、図16に示すキノフォーム形状をしており、更に、本実施例の回折光学素子はピッチ、深さ共に十分に製造可能な範囲に収まっている。例えば、実施例1については単層の回折光学素子で製作した場合に、最小のピッチは103.3 μ mであり、深さは0.867 μ mとなっており、十分に製造可能なレベルとなっている。

【0050】この回折格子は基材1の表面に紫外線硬化樹脂を塗布し、この樹脂部2に波長530nmで1次回折効率が100%となるような格子厚dの回折格子3を

形成している。図17はこの回折光学素子の1次回折効率の波長依存特性を示し、設計次数での回折効率は最適化した波長530nmから離れるに従って低下し、一方で設計次数近傍の次数0次、2次回折光が増大している。この設計次数以外の回折光の増加はフレアとなり、光学系の解像度の低下につながる。

【0051】図18は数値実施例1における図16の格子形状の空間周波数に対するMTF (Modulation transfer function) 特性を示し、低周波数領域のMTFが所望の値より低下していることが分かる。

【0052】そこで、図19に示す積層型の回折格子により格子形状と形成することが考えられる。基材1上に紫外線硬化樹脂 ($n_d=1.499$, $\nu_d=54$) から成る第1の回折格子4を形成し、その上に別の紫外線硬化樹脂 ($n_d=1.598$, $\nu_d=28$) から成る第2の回折格子5を形成している。この材質の組み合わせでは、第1の回折格子4の格子はd1はd1=18.8 μ m、第2の回折格子5の格子はd2はd2=10.5 μ mとしている。

【0053】図20はこの構成の回折光学素子の1次回折効率の波長依存特性であり、この図20から分かるように積層構造の回折格子にすることで、設計次数の回折

効率は、使用波長域全域で95%以上の高い回折効率を有している。図21はこの場合の空間周波数に対するMTF特性を示し、積層構造の回折格子を用いることで、低周波数のMTFは改善され、所望のMTF特性が得られている。このように、本発明の実施例の回折光学素子として積層構造の回折格子を用いることで、光学性能は更に改善される。

【0054】なお、前述の積層構造の回折光学素子として、材質を紫外線硬化樹脂に限定するものではなく、他のプラスチック材なども使用できるし、基材によっては第1の回折格子4を直接に基材1に形成してもよい。また、各格子の厚さが異なる必要はなく、材料の組み合わせによっては図22に示すように2つの格子の厚みを等しくできる。この場合には、回折光学素子の表面に格子形状が形成されないで、防塵性に優れ、回折光学素子の組み立て作業性が向上し、より安価な光学系が得られる。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係るズームレンズは、2群ズームレンズの第1レンズ群又は第2レンズ群に回折光学素子を用いることにより、コンパクトでかつ低コストであって、しかも全ズーム域全物体距離に渡って良好な性能を維持ことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1のレンズ断面図である。

【図2】実施例2のレンズ断面図である。

【図3】実施例3のレンズ断面図である。

【図4】実施例4のレンズ断面図である。

【図5】実施例5のレンズ断面図である。

【図6】実施例1の広角端における収差図である。

【図7】実施例1の望遠端における収差図である。

【図8】実施例2の広角端における収差図である。

【図9】実施例2の望遠端における収差図である。

【図10】実施例3の広角端における収差図である。

【図11】実施例3の望遠端における収差図である。

【図12】実施例4の広角端における収差図である。

【図13】実施例4の望遠端における収差図である。

【図14】実施例5の広角端における収差図である。

【図15】実施例5の望遠端における収差図である。

【図16】回折光学素子のレンズ断面図である。

【図17】波長依存特性のグラフ図である。

【図18】MTF特性のグラフ図である。

【図19】積層構造の回折光学素子のレンズ断面図である。

【図20】波長依存特性のグラフ図である。

【図21】MTF特性のグラフ図である。

【図22】他の積層構造の回折光学素子のレンズ断面図である。

【符号の説明】

I 第1レンズ群

II 第2レンズ群

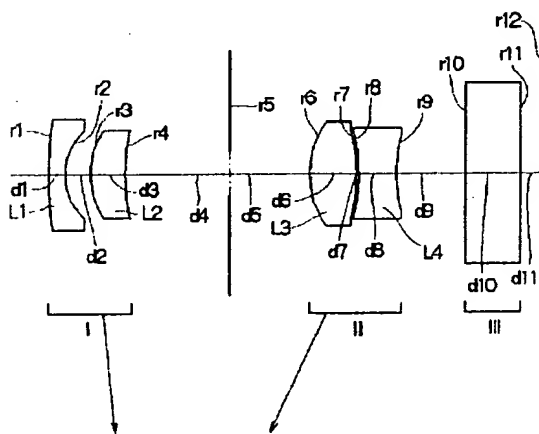
L1～L4 レンズ

1 基材

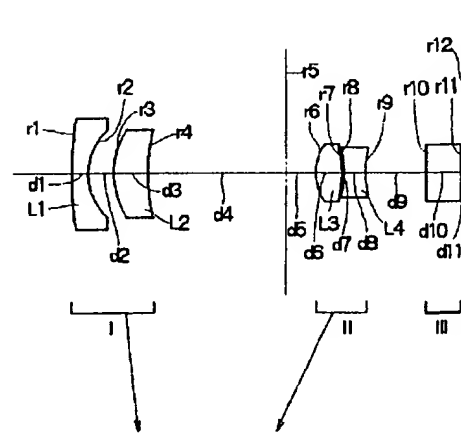
2 樹脂部

3、4、5 回折格子

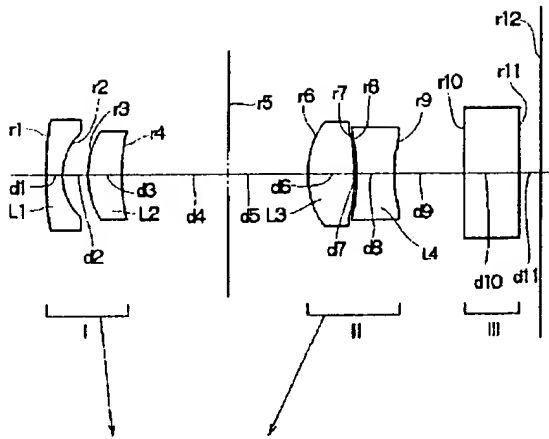
【図1】



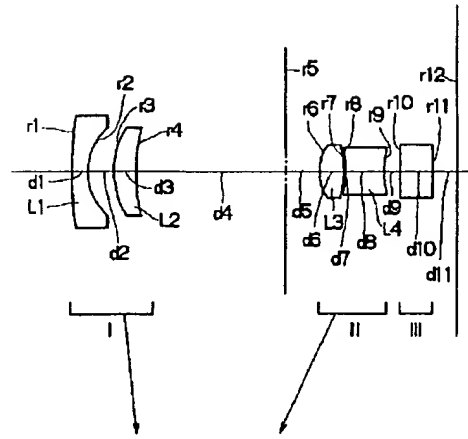
【図3】



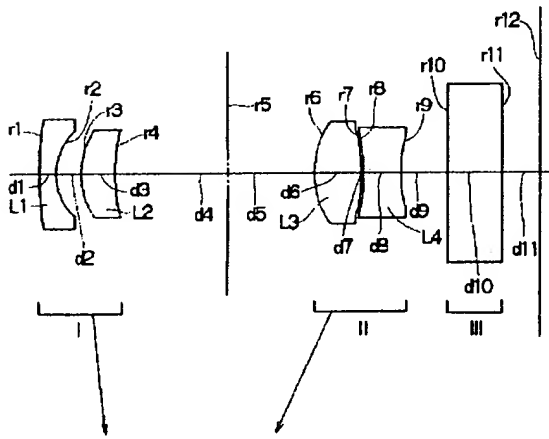
【図2】



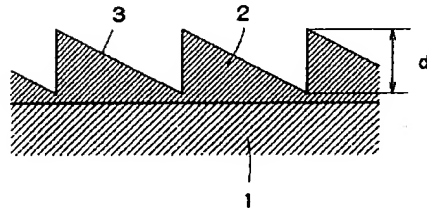
【図5】



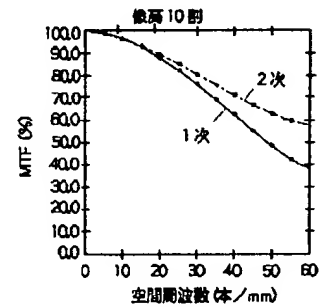
【図4】



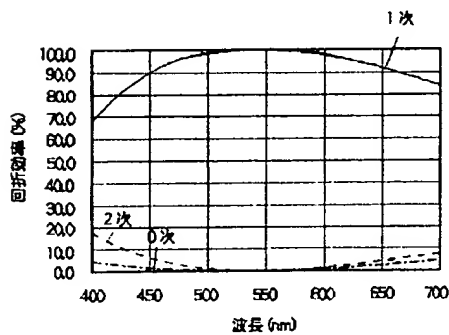
【図16】



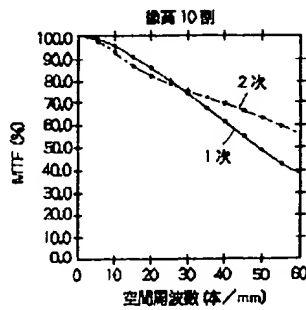
【図21】



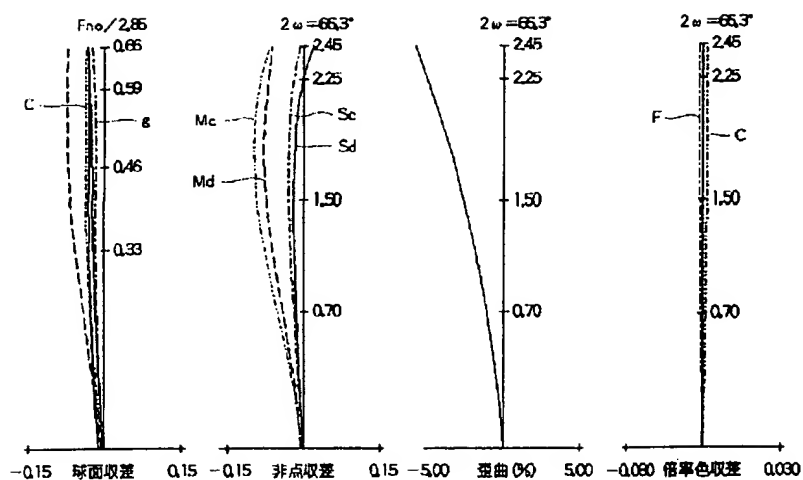
【図17】



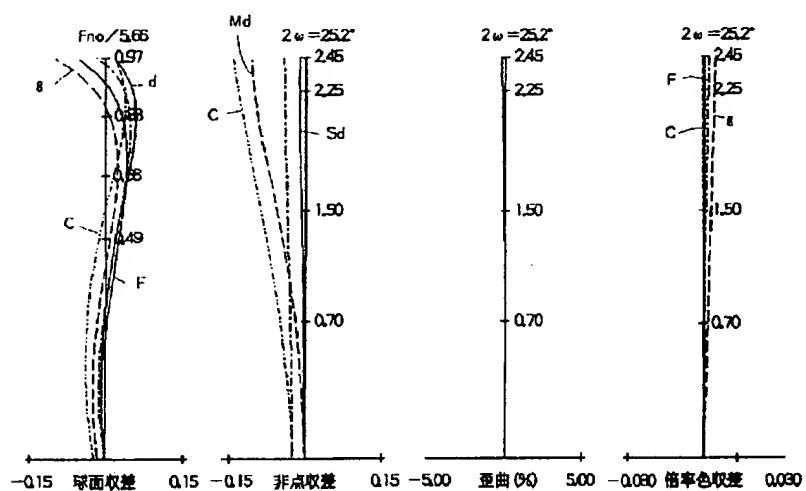
【図18】



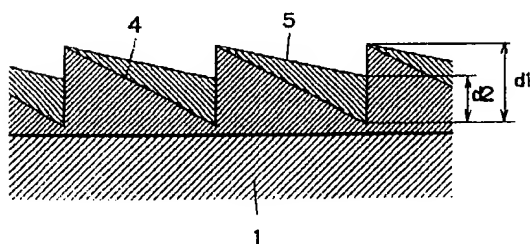
【図6】



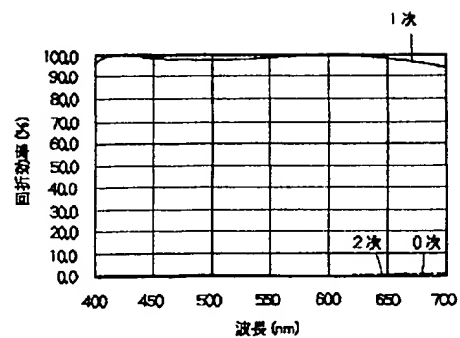
【図7】



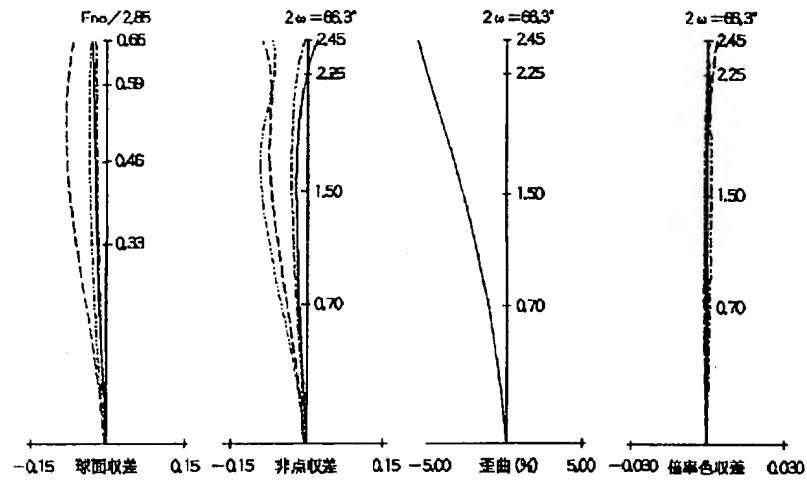
【図19】



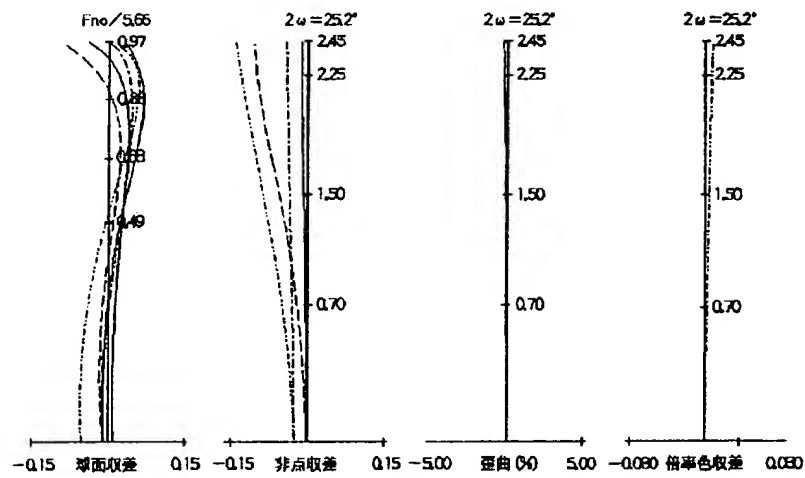
【図20】



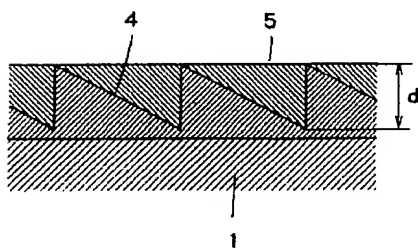
【図8】



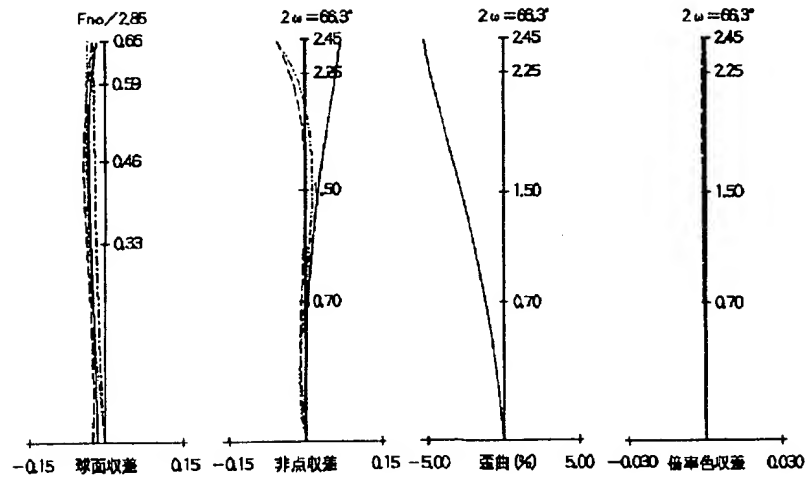
【図9】



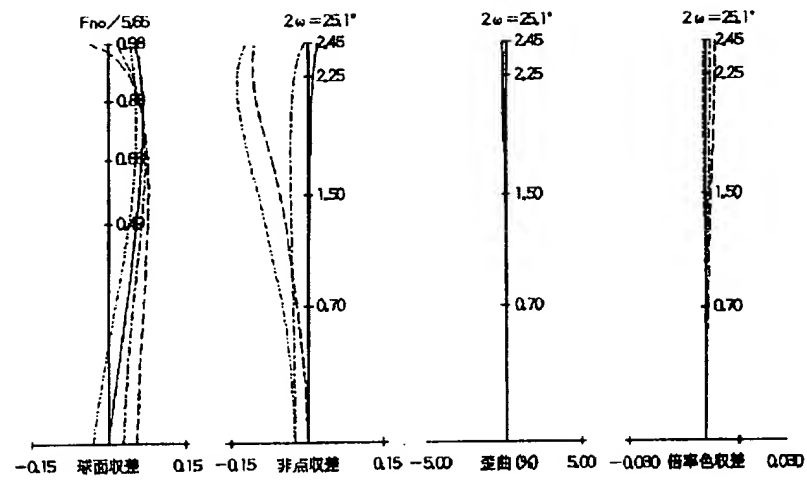
【図22】



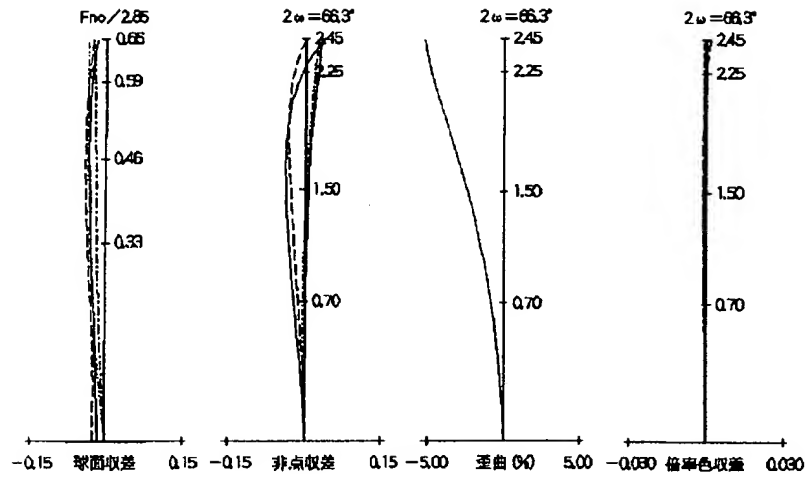
【図10】



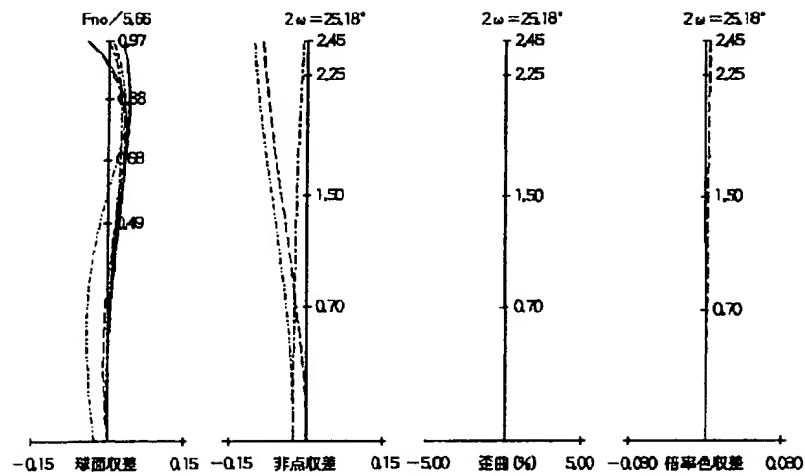
【図11】



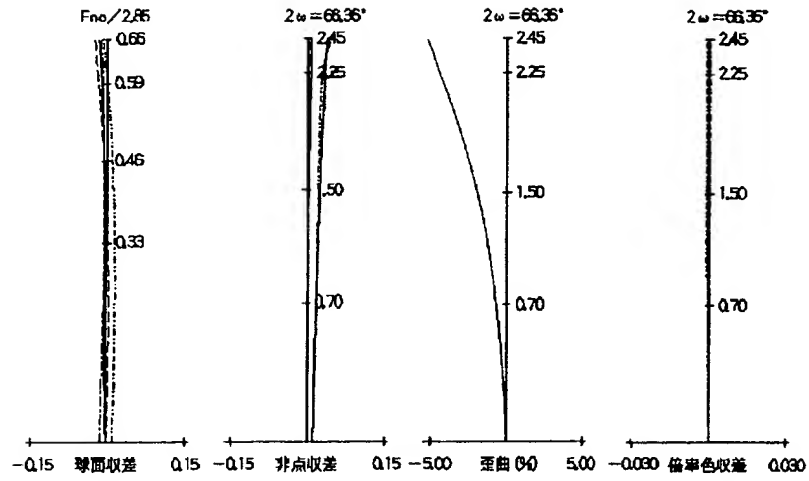
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

